

проміжки часу. Отримані значення струму були використані для визначення вмісту гармонік у струмі реактора шляхом здійснення операції дискретного перетворення Фур'є. Діючі значення гармонік струму реактора ТКРП були використані для побудови графіків, а значення першої гармоніки, для визначення реактивної потужності ТКРП, що визначалась за формулою $Q = Q_1 - Q_c$, де Q_c – реактивна потужність батареї конденсаторів; Q_1 – реактивна потужність першої гармоніки струму реактора, $Q_1 = UI \sin \varphi_1$, де U – напруга мережі; I_1 – діюче значення першої гармоніки струму реактора; φ_1 – кут зсуву фаз між напругою і першою гармонікою струму реактора.

Обробка експериментальних даних проводилась в програмному середовищі Matlab. За результатами математичної обробки експериментальних досліджень побудовані графіки регулювальних характеристик ТКРП, які представлені на рисунку 2.

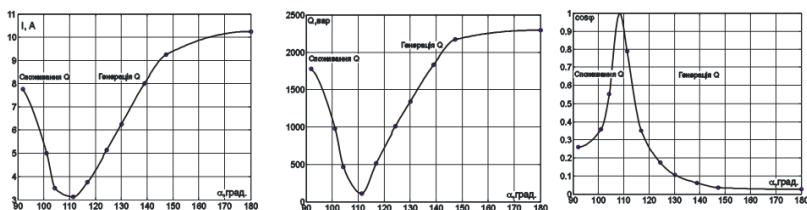


Рисунок 2 – Залежності струму, реактивної потужності і коефіцієнта потужності ТКРП від кута відкриття тиристорів

Таким чином, проведені експериментальні дослідження з наступною їх математичною обробкою дозволили отримати загальний вигляд регулювальних характеристик тиристорного компенсатора реактивної потужності. Отримані результати в подальшому можуть бути апроксимовані аналітичними виразами для побудови систем автоматичної стабілізації коефіцієнта потужності.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕОРІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ FRYZE ДЛЯ НЕСИНУСОЇДНИХ РЕЖИМІВ

Афанасьєв А.С.

Науковий керівник – Ковальова Ю.В., канд. техн. наук, ст. викладач

На теперішній час існує низка теорій реактивної потужності при несинусоїдних режимах, яким присвоєні імена їх авторів. Спільною проблемою цих теорій є неповне розкриття фізичного змісту отриманих математичних виразів, з одного боку, а з іншого – недостатність експериментальних підтверджень щодо їх достовірності. Тому задача

експериментального підтвердження достовірності теорій реактивної потужності при несинусоїдних режимах є актуальною.

В якості об'єкта для моделювання реактивної потужності несинусоїдного режиму приймаємо асинхронний двигун потужністю 3,5 кВт з такими параметрами: активні опори обмоток статора і ротора відповідно 2,09 Ом і 0,77 Ом, реактивні опори розсіювання обмоток статора і ротора відповідно 1,565 Ом і 0,73 Ом. В якості електричної моделі асинхронного двигуна приймаємо класичну Т-подібну заступну схему. Для створення режиму несинусоїдного струму використовуємо тиристорний регулятор напруги. Для виділення реактивної складової з повного струму використаємо відомий спосіб за допомогою, так званого, зворотного діода, який вмикається паралельно моделі двигуна в неспроможному напрямку відносно напруги джерела живлення. З урахуванням зворотного діода складемо відповідну Matlab-модель, показану на рис. 1.

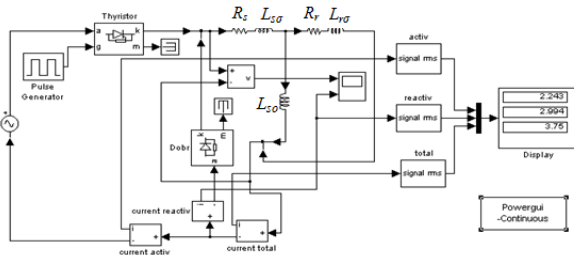


Рисунок 1 - Matlab-модель для визначення складових несинусоїдного струму

Модель складається з наступних елементів: тиристор Thyristor з блоком завдання кута керування Pulse generator; Т-подібна модель двигуна, паралельно якій ввімкнений зворотній діод D_{obr} для виділення реактивної складової струму; вимірювачі струму мережі "current aktiv", струму зворотного діода "current reaktiv" і повного струму "current total" та блоки "signal rms" для розрахунку діючих значень струмів. Модель працює наступним чином. Коли позитивна напівхвиля напруги джерела досягає нуля, тиристор вмикається, тобто, відключає обмотку статора від джерела. Оскільки на аноді діода з'являється позитивний потенціал від електрорушійної ЕРС самоіндукції обмоток, зворотній діод вмикається і через нього протікає струм. Оскільки струм через зворотній діод спричинений ЕРС самоіндукції і не повертається в мережу, то, згідно теорії Fryze, це реактивний струм. В мережі протікає активний струм, оскільки, згідно теорії Fryze співпадає за фазою з напругою, а у колі обмоток двигуна протікає повний струм, як

сума активного та реактивного. На рис. 2 показані осцилограми, отримані на моделі (а) і експериментально на реальному двигуні (б).

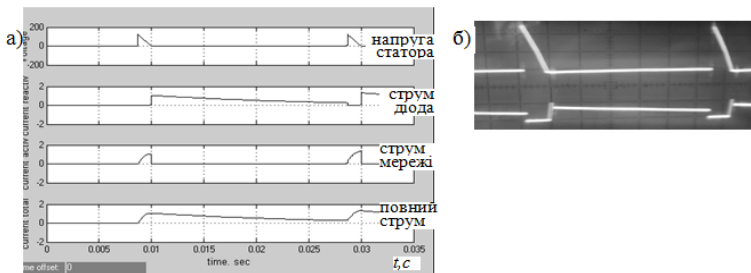


Рисунок 2 – Осцилограми напруги і струмів розраховані на моделі (а) та отримані на реальному двигуні (б)

Результати моделювання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Діючі значення струмів, отримані на моделі

Кут керування тиристора α , сек	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005
Діючий струм мережі (активний) I_a , А	0,08213	0,4564	1,197	2,284	3,649
Діючий струм діода (реактивний) I_p , А	0,269	1,101	2,368	3,923	5,602
Діючий струм обмотки (повний) I_n , А	0,2805	1,192	2,657	4,542	6,69

З осцилограм видно, що напруга статора співпадає за фазою зі струмом мережі, отже, струм мережі є активний струм. При вимкненню тиристорі через зворотній діод протікає струм від ЕРС самоіндукції і не повертається в електромережу, згідно теорії Fryze, це є реактивний струм. Окрім цього, осцилограми миттєвого струму відповідають першому закону Кірхгофа, тобто, алгебраїчна сума струмів вузла електричної схеми дорівнює нулю. Повний миттєвий струм статора складається з активної і реактивної складових. Моделювання на імітаційній моделі, достовірність роботи якої підтверджена осцилограмами на реальному асинхронному двигуні, показало, що теорія Fryze достовірно описує реактивну потужність при несинусоїдних режимах і може бути використана при розрахунках параметрів компенсуючи пристроїв.